

УДК 523.44-352-357

Г. П. Чернова, Д. Ф. Лупишко, В. Г. Шевченко

## Фотометрия и поляриметрия астероида 24 Фемида

В результате фотометрических и поляриметрических наблюдений в марте — мае 1992 г. получены кривые блеска и фазовые зависимости блеска и поляризации астероида 24 Фемида. Амплитуда кривых блеска составила 0.09, параметры  $H$  и  $G$  фазовой зависимости блеска —  $7.068 \pm 0.009^m$  и  $0.188 \pm 0.018^m$  соответственно, средняя величина показателя цвета  $B - V = 0.678 \pm 0.003$ . Определены основные параметры фазовой зависимости поляризации:  $P_{\min} = -1.62 \pm 0.05 \%$ ,  $\alpha_{\min} = 9.0 \pm 0.5^\circ$ ,  $\alpha_{\text{inv}} = 22.3 \pm 0.5^\circ$ ,  $h = 0.191 \pm 0.015$ . Получены новые, существенно более точные оценки поляриметрического альбедо  $p_v = 0.074$  и диаметра  $D = 161$  км этого крупного, но малоизученного астероида C-типа.

**ФОТОМЕТРІЯ ТА ПОЛЯРИМЕТРІЯ АСТЕРОЇДА 24 ФЕМІДА**, Чернова Г. П., Лупішко Д. Ф., Шевченко В. Г. — В результаті фотометричних та поляриметричних спостережень у березні — травні 1992 р. одержані криві блиску та фазові залежності блиску і поляризації астероїда 24 Феміда. Амплітуда кривих блиску досягала  $0.09^m$ , параметри  $H$  і  $G$  фазової залежності блиску дорівнюють  $7.068 \pm 0.009^m$  і  $0.188 \pm 0.018^m$  відповідно, середня величина показника кольору  $B - V = 0.678 \pm 0.003^m$ . Визначені основні параметри фазової залежності поляризації:  $P_{\min} = -1.62 \pm 0.05 \%$ ,  $\alpha_{\min} = 9.0 \pm 0.5^\circ$ ,  $\alpha_{\text{inv}} = 20.5 \pm 0.5^\circ$ ,  $h = 0.191 \pm 0.015$ . Одержані нові, суттєво точніші оцінки поляриметричного альбедо  $p_v = 0.074$  та діаметра  $D = 161$  км цього великого, але маловивченого астероїда C-типу.

**PHOTOMETRY AND POLARIMETRY OF THE ASTEROID 24 THEMIS**, by Chernova G. P., Lupishko D. F., Shevchenko V. G. — The light curves and the phase relations of the brightness and polarization of 24 Themis were obtained as a result of photometric and polarimetric observations made in 1992 March — May. The light curve amplitude is  $0.09^m$ , the parameters  $H$  and  $G$  of the brightness phase dependence are  $7.068 \pm 0.009^m$  and  $0.188 \pm 0.018^m$  respectively, and the average value of colour  $B - V$  is  $0.678 \pm 0.003^m$ . The main parameters of the phase dependence of polarization have been determined:  $P_{\min} = -1.62 \pm 0.05 \%$ ,  $\alpha_{\min} = 9.0 \pm 0.5^\circ$ ,  $\alpha_{\text{inv}} = 20.5 \pm 0.5^\circ$ ,  $h = 0.191 \pm 0.015$ . The new and more accurate estimates of polarimetric albedo  $p_v = 0.074$  and diameter  $D = 161$  km of this large but poorly studied C-type asteroid have been obtained.

**Введение.** Астероид 24 Фемида относится к астероидам C-типа [15]. Первые и единственные оценки его альбедо и диаметра ( $p_v = 0.03$ ,  $D = 234$  км) были сделаны Моррисоном [12] по поляриметрическим наблюдениям Зельнера и Грейди [17], но из-за низкой точности измерений они оказались недостаточно надежными. Фотометрические наблюдения ранее проводились в



течение трех оппозиций [9, 14, 16], однако наиболее полные наблюдения были выполнены Харрисом и др. [9] в оппозицию 1979 г. Ими был определен период вращения Фемиды, равный 8.374, а также получена фазовая зависимость блеска в диапазоне фазовых углов  $0.3^\circ + 20.8^\circ$ , значение параметра наклона которой ( $C = 0.18$ ) оказалось нетипичным для низкоальбедных астероидов и более близким к среднему значению для S-астероидов (средние значения  $G_C - 0.09$  и  $G_S = 0.22$  [10]). Кривая блеска этого астероида имела нерегулярную форму и показывала незначительное изменение амплитуды от оппозиции к оппозиции ( $0.09^m + 0.14^m$ ). Для получения более достоверных данных необходимы были новые наблюдения.

В оппозицию 1992 г. минимальный фазовый угол Фемиды достигал  $0.2^\circ$  [3]. Поэтому, продолжая программу наблюдений фазовых зависимостей блеска астероидов, угол фазы у которых достигает предельно малых значений ( $\alpha < 1^\circ$ ) [4, 5, 8], а также с целью определения альбедо и диаметра этого астероида, в марте — мае были проведены фотоэлектрические наблюдения астероида 24 Фемиды на 1-м рефлекторе Института астрофизики АН Таджикистана (обсерватория Санглок) и 70-см телескопе Астрономической обсерватории Харьковского университета. Аппаратура, методика наблюдений и редукций детально описаны в работе [12].

Фотометрия. В табл. 1 представлены позиционные параметры Фемиды (дата наблюдений, эклиптические координаты  $\lambda$  и  $\beta$ , гелио- и геоцентрические расстояния  $r$  и  $\Delta$ , угол фазы  $\alpha$ ), а также приведенный к единичному расстоянию от Земли и от Солнца блеск астероида в максимуме кривой блеска  $V_0(1, \alpha)$ , средний в течение ночи показатель цвета  $B - V$  и номер звезды сравнения. Табл. 2 содержит экваториальные координаты  $\alpha$  и  $\delta$  звезд сравнения, их звездную величину и показатель цвета, а также номера фотометрических стандартов.

Таблица 1. Позиционные параметры и результаты фотометрии 24 Фемиды

Дата (1992 г.) UT	$\lambda_{1950}$ град	$\beta_{1950}$ град	$r$ , а. е.	$\Delta$ , а. е.	$\alpha$ , град	$V_0(1, \alpha)$	$B - V$	Номер звезды сравнения
Март 28.8	187.966	0.549	2.792	1.793	0.21	<b>7.108<sup>m</sup></b>	<b>0.678<sup>m</sup></b>	1
Апрель 4.9	186.524	0.518	2.798	1.804	2.94	7.354	0.673	2
7.7	185.975	0.505	2.801	1.812	4.11	7.433	0.679	3
8.8	185.763	0.499	2.802	1.816	4.56	7.444	0.681	3
30.8	182.038	1.617	2.823	1.957	12.55	7.792	—	4

Таблица 2. Звезды сравнения

Номер звезды сравнения	$\alpha_{1950}$	$\delta_{1950}$	$V$	$B - V$	Номер стандарта, литературный источник
1	<b>12<sup>h</sup>30.17<sup>m</sup></b>	<b>-2°54.0'</b>	<b>10.070<sup>m</sup></b>	<b>0.653<sup>m</sup></b>	51,56 [11]
2	12 24.0	-2 0.6	9.896	1.148	51,56 [11]
3	12 23.71	-1 51.0	10.456	0.601	51,56 [11]
4	12 9.93	-0 37.0	11.808	—	10 933 [6]

На рис. 1 изображены составные кривые блеска и показателя цвета  $B - V$  Фемиды, построенные для периода вращения  $P = 8.374^h$  [9]. Как видно, кривая блеска не симметрична относительно полупериода, что, по нашему мнению, предполагает наличие фотометрических неоднородностей на поверхности астероида [1]. Амплитуда вариаций блеска составляет  $0.09^m$ , но вариаций показателя цвета, превышающих ошибки измерений, не



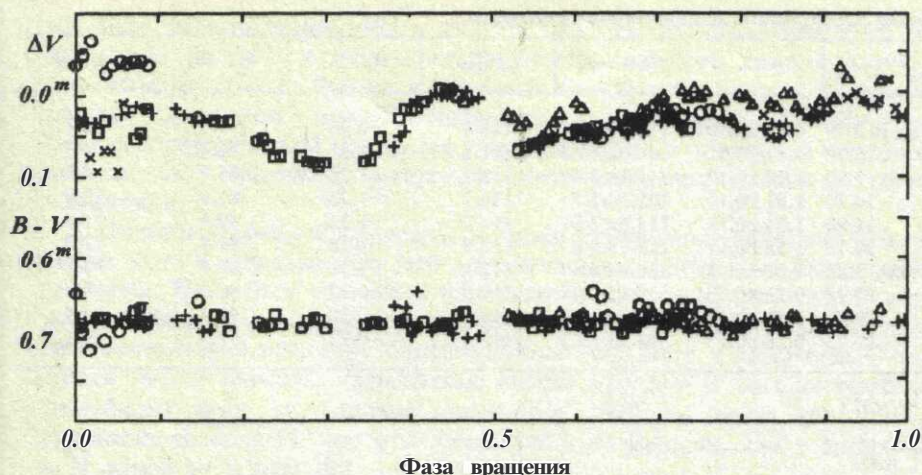


Рис. 1. Составные кривые блеска и показателя цвета  $B - V$  астероида 24 Фемида: кружки — 28 марта, квадраты — 4 апреля, треугольники — 7 апреля, крестики — 8 апреля, косые крестики — 30 апреля 1992 г.

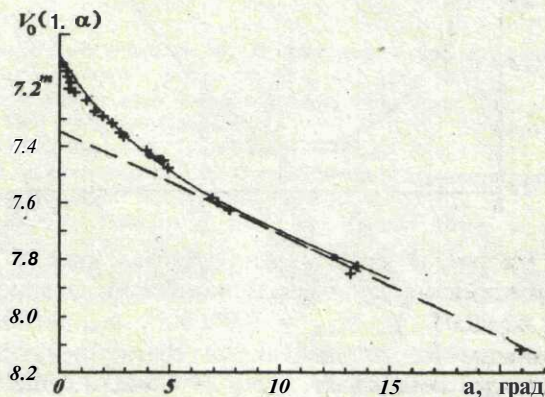


Рис. 2. Фазовые зависимости блеска Фемиды: крестики — оппозиция 1979 г. [9], точки — оппозиция 1992 г.

обнаружено, т. е. показатель цвета  $B - V$  слабо чувствителен к изменению альбедо на поверхности астероида. К подобному выводу пришел ранее Тедеско [14], не обнаружив в оппозицию 1977 г. вариаций показателя цвета  $B - I$  с вращением для данного астероида.

На рис. 2 представлены фазовые зависимости блеска, полученные нами в оппозицию 1992 г. (темные кружки) и Харрисом и др. [9] в оппозицию 1979 г. (крестики). Несмотря на то, что долготы астероида в эти противостояния различались на  $90^\circ$ , изменения блеска с углом фазы оказались практически одинаковыми. Сплошная линия — аппроксимация фазовой зависимости блеска Фемиды в оппозицию 1992 г.  $HG$ -функцией [7] с параметрами  $J = 7.068^m \pm 0.009^m$  и  $C = 0.188 \pm 0.018$ . Значение параметра наклона  $C$  оказалось таким же, как и в оппозицию 1979 г. (см. выше), что свидетельствует о нетипичной структуре поверхности 24 Фемиды по сравнению с другими  $C$ -астероидами. Среднее значение показателя цвета  $B - V$  по нашим наблюдениям составляет  $0.678^m \pm 0.003^m$ .

Поляриметрия. В табл. 3 приведены результаты поляриметрии Фемиды: дата и средний момент наблюдений, средние за ночь значения параметров линейной поляризации  $P$  и  $\phi$  в экваториальной системе координат и их средние квадратичные ошибки, расчетное значение позиционного угла плоскости рассеяния  $\psi$ , степень поляризации  $P_r - P \cos 2\theta_r$  и  $\theta_r$  — угол между измеренным положением плоскости поляризации и нормалью к плоскости рассеяния, и фазовый угол  $\alpha$ .



Таблица 3. Результаты поляриметрии 24 Фемиды

(1992	Дата г.)	UT	$P \pm \sigma_P, \%$	$\sigma \pm \sigma_\sigma, \text{град}$	V, град	$P_r, \%$	$\theta_r, \text{град}$	$a, \text{град}$
Апрель	2.79		$0.46 \pm 0.15$	$119.4 \pm 9.0$	118.4	<b>-0.46</b>	91.0	2.1
	3.73		$0.92 \pm 0.33$	<b><math>104.0 \pm 10.3</math></b>	117.6	<b>-0.81</b>	76.4	2.5
	7.86		<b><math>1.17 \pm 0.10</math></b>	$111.1 \pm 2.4$	115.7	-1.16	85.4	4.1
	24.70		<b><math>1.81 \pm 0.17</math></b>	$105.5 \pm 2.7$	114.1	-1.73	81.4	10.5
	26.80		<b><math>1.34 \pm 0.13</math></b>	$114.6 \pm 2.8$	<b>114.0</b>	-1.34	90.6	11.3
	29.73		<b><math>1.58 \pm 0.11</math></b>	$113.7 \pm 2.0$	113.9	-1.58	89.8	12.2
Май	3.80		<b><math>1.31 \pm 0.12</math></b>	$116.4 \pm 2.6$	113.8	-1.31	92.6	13.4
	27.72		$0.33 \pm 0.13$	$114.4 \pm 11.4$	113.5	<b>-0.33</b>	90.9	18.6
	29.72		<b><math>0.30 \pm 0.15</math></b>	$118.6 \pm 13.8$	<b>113.5</b>	<b>-0.30</b>	95.1	18.9
	31.73		$0.28 \pm 0.15$	<b><math>94.2 \pm 15.2</math></b>	<b>113.5</b>	<b>-0.22</b>	70.7	19.1

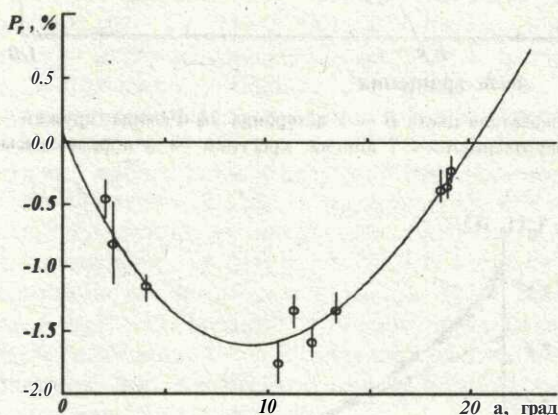


Рис. 3. Фазовая зависимость поляризации астероида 24 Фемида

На рис. 3 представлена фазовая кривая поляризации Фемиды и ее аппроксимация кубической параболой, параметры которой равны:  $P_{\min} = -1.62 \pm 0.05 \%$ ,  $\alpha_{\min} = 9.0^\circ \pm 0.5^\circ$ ,  $\alpha_{\text{inv}} = 20.5^\circ \pm 0.5^\circ$ ,  $h = 0.191 \pm 0.015$ . Сравнение их со значениями соответствующих параметров для других астероидов показывает, что у 24 Фемиды существенно меньший поляриметрический наклон  $L$  при близких значениях  $P_{\min}$ . Так, для восьми астероидов главного пояса, у которых значения  $P_{\min}$  заключены в пределах  $-1.45 \dots -1.78 \%$  [13] при среднем значении  $-1.60 \%$  (почти как у Фемиды), значения  $H$  заключены в пределах  $0.257 - 0.330$ , а среднее значение составляет **0.291**, что в полтора раза больше значения  $H$  Фемиды. Поскольку сравниваемые астероиды выбирались по величине  $P_{\min}$  (т. е. примерно одинакового альбедо), то отличие в  $H$  может отражать как альбедные, так и структурные (как уже отмечалось выше) особенности поверхности данного астероида.

Используя эмпирические зависимости «наклон — альbedo» [18] и « $P_{\min}$  — альbedo» [17], нетрудно получить оценки альbedo астероида, которые соответственно равны 0.077 и 0.067. Учитывая тот факт, что связь «наклон — альbedo» корреляционно более тесная, в качестве окончательной оценки поляриметрического альbedo Фемиды возьмем средневзвешенное значение от приведенных выше с весами 2 и 1 соответственно, т. е.  $p_V = -0.074$ . При данном альbedo и звездной величине  $V(1, 3^\circ) - 7.404^m$  (см. выше) оценка диаметра Фемиды составляет  $D = 161$  км.

Заключение. Проведенные фотометрические и поляриметрические наблюдения астероида 24 Фемида позволили **получить** кривые блеска и фазовые зависимости блеска и поляризации в диапазоне фазовых углов  $0.2^\circ - 19.1^\circ$ . Особенностями этого астероида является совпадение фазовых зависимостей блеска (как по абсолютной величине, так и по **относительно-**



му ходу) в оппозиции 1992 и 1979 г. (рис. 2), различающиеся по долготе астероида на  $90^\circ$ , а также нетипичность значений параметров  $C$  и  $h$ . Анализируя кривые блеска и фазовые зависимости блеска, полученные в разные оппозиции, можно предположить, что форма данного астероида близка к сферической, но на его поверхности есть оптически неоднородные детали. Ось вращения астероида почти перпендикулярна к плоскости эклиптики.

Оценки альbedo и диаметра, а также измеренные значения показателя цвета  $B - V$  показывают, что это довольно крупный и **низкоальбедный** астероид. Надежных данных о характере изменения блеска таких астероидов в области оппозиционного эффекта очень мало. Мы уже отмечали незначительную величину оппозиционного эффекта у астероида С-типа 47 Аглая [4]. У Фемиды превышение блеска при  $a - 0^\circ$  над экстраполяцией линейного хода по данным оппозиции 1979 г. составляет  $0.26^m$ , что существенно больше, чем у Аглаи ( $0.10^m$ ), но меньше, чем у астероидов 5- и М-типов ( $\approx 0.30^m$ ) [8].

Авторы выражают благодарность В. Г. Черному за помощь в наблюдениях, а также Ф. П. Величко за ценные замечания при подготовке статьи к публикации.

1. Акимов Л. А., Бельская И. Н., Лушико Д. Ф. О фотометрической неоднородности поверхностей астероидов // *Астрон. журн.*—1983.—66, № 5.—С. 999—1003.
2. Величко Ф. П. Определение и анализ параметров вращения астероидов: Дис. . . канд. физ.-мат. наук. — Харьков, 1991.—198 с.—Машинопись.
3. Эфемериды малых планет на 1992 год. — Л.: Наука, 1991.—492 с.
4. Чернова Г. П., Лушико Д. Ф., Шевченко В. Г. и др. Фотометрия и поляриметрия астероида 47 Аглая // *Кинематика и физика небес. тел.*—1991.—7, № 5.—С. 20—26.
5. Шевченко В. Г., Круглый Ю. Н., Лушико Д. Ф. и др. Кривые блеска и фазовые зависимости астероида 55 Пандора // *Астрон. вестн.*—1993.—27, № 3.—С. 75—80.
6. Blanco V. M., Demers S., Douglass C. G., Fitzgerald M. P. Photoelectric catalogue. Magnitudes and colors of stars in the U, B, V and U, B, V systems // *Publs U. S. Nav. Observ.*—1968.—21.—772 p.
7. Bowell E., Hapke B., Domingue D., et al. Application of photometric models to asteroids // *Asteroids II* / Eds K. P. Binzel, T. Gehrels, M. S. Matthews. — Tucson: Univ. Arizona press, 1989.—P. 524—556.
8. Dovgopola N., Kруглый Yu. N., Shevchenko V. C. Asteroid 126 Velleda: rotation period and magnitude-phase curve // *Acta Astronomica.*—1992.—42, № 1.—P. 67—72.
9. Harris A. W., Young J. W., Bowell E., et al. Photoelectric observation of asteroids 3, 24, 60, 261, 863 // *Icarus.*—1989.—77, № 1.—P. 171—186.
10. Lagerkvist C.-I., Magnusson P. Analysis of asteroid lightcurves. II. Phase curves т а депераHrec! HG-system // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*—1990.—86, № 2.—P. 119—165.
11. Maffett K. J., Barnes T. C. Equatorial UBVR photometric sequences // *Astron. J.*—1979.—84, № 5.—P. 627—632.
12. Morrison D. Asteroid sizes and albedos // *Icarus.*—1977.—31, № 2.—P. 185—220.
13. Morrison D., Zellner B. Polarimetry and radiometry of the asteroids // *Asteroids* / Ed. by T. Gehrels. — Tucson: Univ. Arizona pre88, 1979.—P. 1090—1097.
14. Tedesco E. P. A photometric investigation of the colors, shapes, and spin rates of Hirayama family asteroids: Ph.D. dissertation. — New Mexico: New Mex. State Univ., 1979.—280 p.
15. Tholen D. J. Asteroid taxonomic classification // *Asteroids II* / Eds K. Binzel, T. Gehrels, M. Matthews. — Tucson: Univ. Arizona pre88, 1989.—P. 1139—1150.
16. Van Houten-Groeneveld J., van Houten C. J., Zappala V. Photoelectric photometry of seven asteroids // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*—1979.—35, N 2.—P. 223—232.
17. Zellner B., Gradie J. Minor planets and related objects. XX. Polarimetric evidence for the albedos and compositions of 94 asteroids // *Astron. J.*—1976.—81, N 4.—P. 262—280.
18. Zellner B., Leake M., Le Bertre T., et al. The asteroid albedo scale. I. Laboratory polarimetry of meteorites // *Proc. Lunar Sci. Conf. VIII.* — Oxford: Pergamon press, 1977.—P. 1091—1110.